

**Hana VĚŽNÍKOVÁ¹, Aleš BEBČÁK², Lenka HERECOVÁ³,
Dalibor MÍČEK⁴**

VLIV PŘÍDAVKU MEŘO NA POŽÁRNĚ – TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY MOTOROVÉ NAFTY

RME ADMIXTURE EFFECT ON FIRE-TECHNICAL CHARACTERISTICS OF DIESEL OIL

Abstrakt

Hořlavé kapaliny jsou používány v průmyslu nebo jako paliva ve velkém měřítku a proto jejich vlastnosti musí odpovídat požadavkům bezpečného používání. Tento článek se zabývá hodnocením požárně-technických charakteristik motorové nafty v závislosti na přídatku MEŘO. Hodnocenými charakteristikami jsou bod vzplanutí, teplota vznícení a dolní bod výbušnosti, které byly měřeny normovanými metodami. Cílem práce bylo prozkoumat vliv interakce hořlavých kapalin, které tvoří tuto směs.

Klíčová slova: hořlavé kapaliny, směsi kapalin, bod vzplanutí, dolní bod výbušnosti

Abstract

Flammable liquids are used in industry as well as fuel on a large scale and so their properties must meet the requirements for safe use. This paper deals with evaluation of fire-technical characteristics of diesel oil depending on RME admixture. Flash point, ignition temperature and lower explosive point of mixture are measured according to standardized methods. The interaction effect of mixing flammable liquids on fire-technical characteristic was analysed in this work.

Keywords: flammable liquids, mixtures of liquids, flash point, lower explosive point

Úvod

Jedním z nejvýznamnějších fosilních zdrojů energie je v současné době ropa, která se více než z poloviny využívá k výrobě motorových paliv. Negativní účinky používání paliv na bázi ropy v rovině environmentální i geopolitické, jsou všeobecně známy a diskutovány. Snaha o náhradu nebo alespoň snížení spotřeby fosilních paliv vedla k vývoji různých druhů alternativních paliv.

¹ Ing., VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice, e-mail: hana.veznikova@vsb.cz

² Ing., VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra bezpečnostního managementu, Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice, e-mail: ales.bebcak@vsb.cz;

³ VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva, Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice, e-mail: lenka.herecova@vsb.cz

⁴ VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva, Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice, mail: dalibor.micek@vsb.cz

Methylestery mastných kyselin vyrobené z rostlinných olejů, jsou jedním z typů biopaliv, která mají sloužit pro spalovací motory. V členských zemích Evropského společenství je problematika užití biopaliv v dopravě řešena Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES ze dne 8. května 2003 o podpoře používání biopaliv nebo jiných obnovitelných paliv v dopravě. Cílem směrnice je částečná náhrada neobnovitelných fosilních paliv, zejména nafty biopalivy, ochrana životního prostředí a podpora zemědělského sektoru [1].

Způsobem výroby a úpravou vlastností biopaliv tak, aby je bylo možno používat bez poškozování automobilových motorů, se zabývá řada prací. Problémy při přepravě a skladování směsných paliv s přídavkem biopaliva vyplývají z rozdílných vlastností biosložek a fosilních paliv. Zejména při dlouhodobém skladování se mohou projevit změny některých jakostních ukazatelů, nebo dojde k tvorbě zákalů a pryskyřic [2].

Kvalita a vlastnosti methylesterů mastných kyselin jsou stanoveny normou ČSN 65 6508 [3] v případě použití této látky jako komponenty pro výrobu směsné nafty. Norma ČSN EN 14214 [4] stanovuje vlastnosti methylesterů, pokud se mají používat jako příměs k motorové naftě v množství maximálně 5 %. Norma ČSN EN 14214 stanovuje všeobecné požadavky na methylestery mastných kyselin (Fatty Acids Methyl Ester, dále jen FAME) pro vznětové motory, metody zkoušení a mezní hodnoty pro normativně stanovené vlastnosti.

Také norma ČSN EN 590 [5] se kromě jiného zabývá obsahem methylesterů mastných kyselin v motorové naftě. Uvádí odkazy na evropské normy nebo mezinárodní normy pro zkušební metody, které se používají ke zjišťování jednotlivých vlastností motorové nafty.

V uvedených normách jsou stanovenými a kontrolovanými parametry především takové vlastnosti, které souvisí s používáním FAME přímo jako paliva nebo jako přídavku do motorové nafty. Další parametry, které souvisí s bezpečností, nejsou podrobně zkoumány ani stanoveny.

Malá pozornost, která je věnována bezpečnostním parametrům směsných paliv, může znamenat ohrožení bezpečnosti při jejich používání. Chování směsi dvou a více látek nelze v řadě případů předem odvodit z chování jednotlivých složek. Jejich vlastnosti mohou být ovlivněny vzájemnou interakcí jednotlivých složek a jejich rozdílnou reaktivitou.

Tento jev byl pozorován i u směsi motorové nafty a methylesteru řepkového oleje (dále jen MEŘO). Při stanovení teploty vznícení podle normy ČSN EN 14522 [6] bylo zjištěno, že u motorové nafty, která byla zakoupena u běžných čerpacích stanic, dochází ke dvěma vznícením za sebou. Toto druhé vznícení u jiných kapalin nebylo pozorováno. Protože k tomuto jevu došlo v době, kdy byl zahájen prodej nafty s přídavkem MEŘO, bylo druhé vznícení dáno do souvislosti s obsahem MEŘO v naftě.

Pro ověření tohoto předpokladu byly provedeny experimentální práce v rámci závěrečných prací [7 a 8]. Jako hodnocené parametry byly vybrány teplota vznícení, bod vzplanutí a dolní bod výbušnosti, které jsou považovány za základní parametry charakterizující materiály z hlediska jejich hořlavosti.

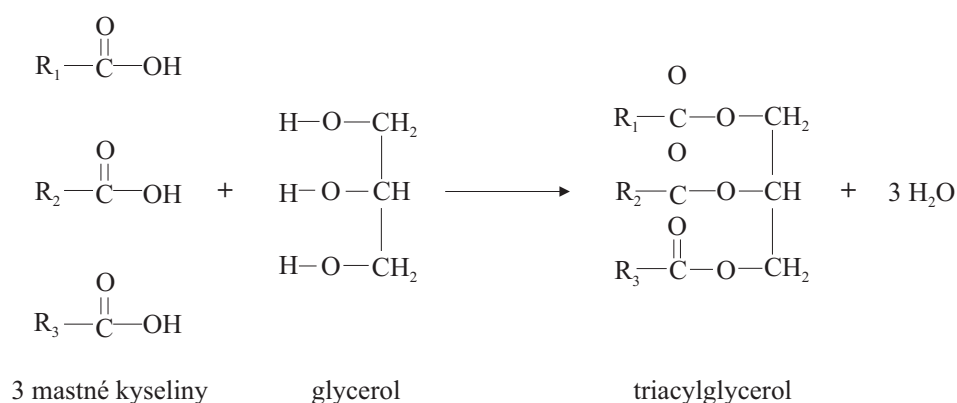
Vlastnosti motorové nafty a MEŘO

Obecně je motorová nafta charakterizována jako složitá směs převážně ropných uhlovodíků s 12 až 22 atomy uhlíku vroucí v rozmezí cca 180 až 370 °C.

Podle [9] je nafta složena především z nasycených uhlovodíků 69,5 - 74,5 %, dále z monoaromátů 26,5 - 22,7 % a polyaromátů 4,0 - 2,8 %. Nasycené uhlovodíky jsou prakticky nepolární, aromáty vykazují určitý stupeň polarity, který stoupá s rostoucím počtem aromatických kruhů v jejich molekule.

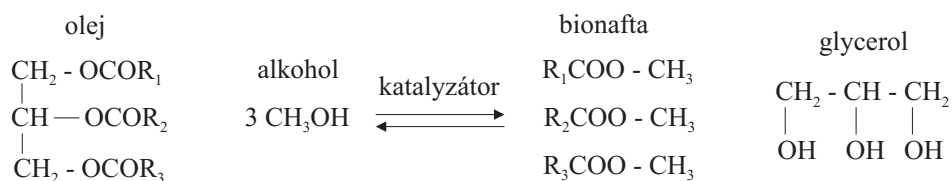
Nafta se vyrábí z ropy destilací a dalšími postupy a její složení a vlastnosti se liší jak s ohledem na vstupní surovinu, tak s ohledem na použitý výrobní postup. Je označována jako plynový olej, číslo CAS 68334-30-5, a ve smyslu zákona č. 365/2003 Sb. [10] ve znění pozdějších zákonů je klasifikována jako nebezpečná chemická látka (číslo EINECS 269-822-7), symbol nebezpečnostní Xn - zdraví škodlivý.

V práci [2] je uvedena hodnota teploty vzplanutí, bez přesného označení použité metody stanovení (uzavřený kelímek?) u nafty a jejich směsí s 5 a 10 % methylesterem řepkového a slunečnicového oleje.



Obrázek 1: Schéma vzniku triacylglycerolu [11]

Surovinou pro výrobku MEŘO je řepkový olej. Tento materiál patří ke skupině přírodních organických molekul, které jsou omezeně rozpustné ve vodě a které lze izolovat z buněk a tkání organismů pomocí extrakce nepolárními rozpouštědly. Rostlinné oleje jsou z chemického hlediska triacylderiváty glycerolu, zkráceně triacylglyceroly nebo acylglyceroly. Jedná se o estery trojsytného alkoholu glycerolu, na jehož molekulu jsou navázány tři molekuly vyšších mastných kyselin. Schematicky lze tento proces znázornit rovnicí, kdy se molekuly karboxylových kyselin navážou přes atom kyslíku k molekule alkoholu za odštěpení vody - viz obrázek 1. V molekule triacylglycerolu mohou být navázány 3 molekuly stejné kyseliny, většinou se však jedná o molekuly různých kyselin. Často bývají 2 krajní molekuly shodné a prostřední molekula bývá jiného druhu.



$\text{R}_{1,2,3}$ jsou hydrofóbní zbytky mastných kyselin

Obrázek 2: Reakce probíhající při transesterifikaci oleje metanolem [12]

Estery podléhají hydrolýze v kyselém i zásaditém prostředí a při této reakci se uvolňuje původní alkohol a karboxylová kyselina nebo její sůl. Obdobě probíhá také reesterifikace, tj. reakce esteru v kyselém prostředí s jiným alkoholem, který nahrazuje původně vázaný alkohol.

Tato reakce je používána pro přípravu methylesteru řepkového oleje. Schema reakce znázorňuje vznik methylesteru (na obrázku 2 označeno jako bionafta) a glycerolu v důsledku působení metanolu na triacylglycerol - viz obrázek 2.

Na tomto schématu jsou jako bionafta označeny tři molekuly methylesterů vyšších mastných kyselin. Methylestery mastných kyselin (FAME) mohou být vyrobeny z různých rostlinných olejů dostupných v současné době na trhu, tj. z řepkového, palmového, sojového a slunečnicového oleje. Jestliže je výchozí surovinou řepkový olej, pak se jedná o methylester řepkového oleje, zkráceně MEŘO, který je v České republice i v EU nejpoužívanějším druhem tekutého biopaliva.

MEŘO je směsí methylesterů nasycených a nenasycených mastných kyselin, které mají 16 až 22 uhlíků v molekule. Ve smyslu zákona č. 365/2003 Sb. [10] ve znění pozdějších zákonů je methylester řepkového oleje, číslo CAS 85586-25-0, klasifikován jako nebezpečná chemická látka (číslo EINECS 287-828-8), symbol nebezpečnosti Xi - dráždivý.

Porovnání vybraných vlastností motorové nafty a MEŘO vyplývá z tabulky 1, ve které jsou uvedeny vlastnosti nafty převzaté z publikace Steinleitnera [13], a údaje o MEŘO z bezpečnostního listu jednoho z výrobců této látky [14, 15].

Tabulka 1: Vlastnosti motorové nafty a MEŘO

	Nafta	MEŘO
Rozmezí bodu varu	150 až 360 °C	300 - 360 °C
Hustota při 20 °C	~ 850 kg.m ⁻³	885 kg.m ⁻³
Viskozita při 40 °C	2,0 - 4,5 mm ² .s ⁻¹	3,5 - 5,0 mm ² .s ⁻¹
Bod vzplanutí	> 55 °C	181 °C
Teplota vznícení	220 °C	405 °C
Dolní mez výbušnosti	0,6 % obj.	neuvedeno
Horní mez výbušnosti	6,0 % obj.	neuvedeno

Obě látky jsou směsí více složek a jejich složení se mění v určitém rozmezí v závislosti na složení vstupní suroviny, jejího původu a dalších faktorů. Proto je nutno všechny uvedené hodnoty považovat za přibližné a v různých publikacích je možno najít hodnoty parametrů s poměrně velkými rozdíly.

Pro stanovení v rámci této práce, byla použita čistá nafta, tj. bez přídavku MEŘO, dodaná výrobcem. Také vzorek MEŘO byl dodán výrobcem nafty.

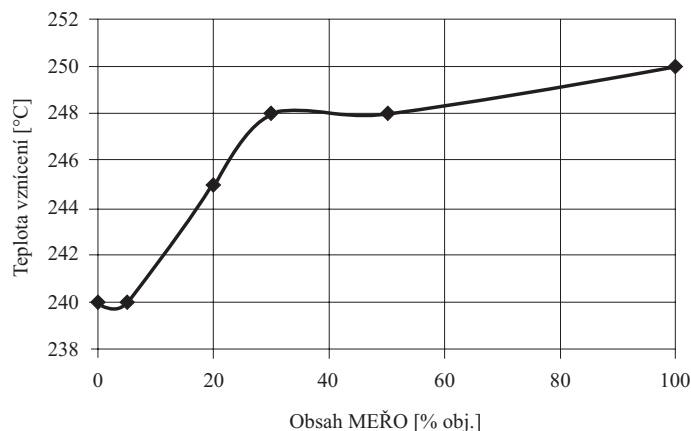
Stanovení teploty vznícení

Jak již bylo uvedeno, měřením základních technicko-bezpečnostních parametrů směsi motorové nafty a MEŘO měly být především zjištěny podmínky, při kterých dochází ke vzniku druhého zápalu a určení bezpečnostních opatření.

Pro měření byla použita čistá motorová nafta, čistý MEŘO a jejich směsi. Výsledky stanovení uvedené v grafu 1 byly měřeny podle normy ČSN EN 14522 [6], metoda S. Rozšířená nejistota měření je 3 °C při koeficientu rozšíření $k = 2$.

Teplota vznícení směsi se pohybuje mezi hodnotou 240 °C, což je teplota vznícení čisté motorové nafty, a hodnotou 250 °C, což je teplota vznícení čistého MEŘO. Z tohoto poměrně malého rozdílu mezi oběma hodnotami vyplývá, že kvantitativní rozdíl v reaktivitě mezi oběma látkami není velký. Průběh závislosti ale není rovnoměrný a to vypovídá o rozdílech v chování

při působení tepla u směsí s odlišným složením. Z grafu je patrné, že při obsahu do 30 % MEŘO v naftě teplota vznícení silně narůstá s rostoucím obsahem MEŘO. Ve druhé oblasti, kde je od 30 do 100 % obj. MEŘO ve směsi, je závislost teploty vznícení na obsahu MEŘO nevýrazná.

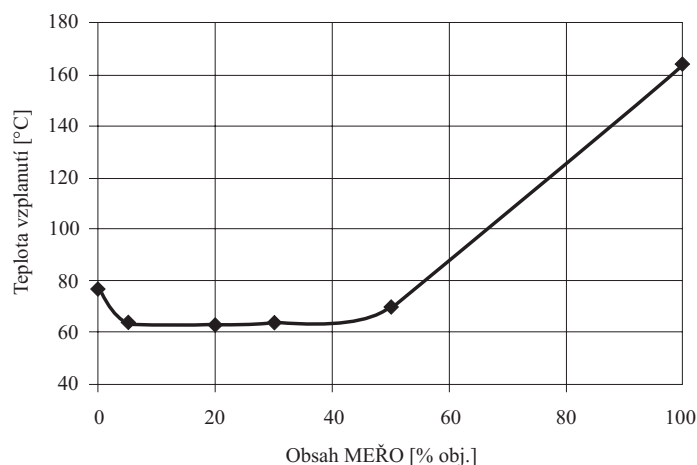


Graf 1: Závislost teploty vznícení směsi motorová nafta - MEŘO na složení

Kromě teploty vznícení byl při stanovení sledován výskyt druhého vznícení. K tomuto jevu došlo při vyšších koncentracích MEŘO, konkrétně při koncentraci 50 % MEŘO ve směsi. Po prvním vznícení následovalo po uplynutí 40 až 45 sec druhé. Při jiných koncentracích k tomuto druhému vznícení nedošlo.

Stanovení teploty vzplanutí

Pro stanovení teploty vzplanutí byla použita metoda podle ČSN EN ISO 2719: Stanovení bodu vzplanutí v uzavřeném kelímku podle Penskyho-Martense [16, 23]. Motorová nafta a MEŘO byly hodnoceny jako čisté látky a jako směsi. Výsledná závislost mezi složením směsi a bodem vzplanutí je uvedena v grafu 2. Každý výsledek použitý pro hodnocení závislosti je průměrem ze tří stanovení, přičemž rozdíl mezi výsledky nesmí být dle požadavků normy větší než 2 °C. Rozšíření nejistota měření je 2,4 °C při koeficientu rozšíření $k = 2$. Takto získaná průměrná hodnota byla přepočítána na standardní tlak.

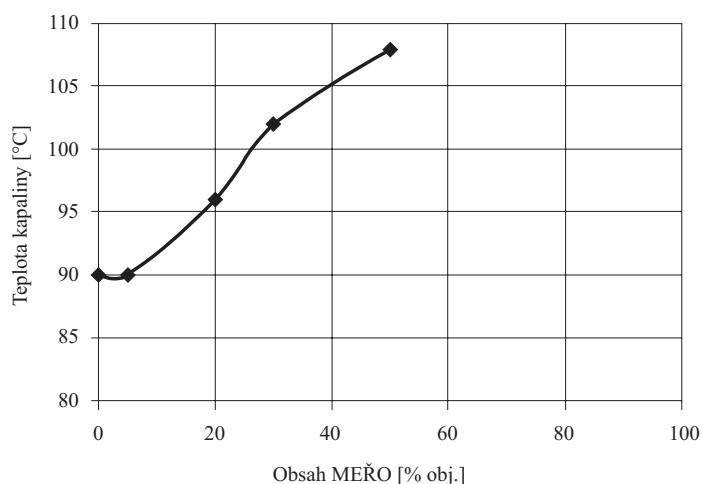


Graf 2: Závislost bodu vzplanutí na koncentraci MEŘO v motorové naftě

Hodnocená nafta měla bod vzplanutí 77 °C a MEŘO 164 °C. U směsí s nižšími koncentracemi MEŘO je pozorováno snížení teploty vzplanutí pod teplotu vzplanutí nafty. Teprve od koncentrace 50 % obj. MEŘO v motorové naftě se začal projevovat nárůst teploty vzplanutí.

Stanovení dolního bodu výbušnosti

Pro stanovení dolního bodu výbušnosti (dále jen LEP) byla použita metoda vypracovaná pracovištěm Fakulty bezpečnostního inženýrství na základě ČSN ISO 6184-3 „Systémy ochrany proti výbuchu, část 3: Určování ukazatelů výbuchu směsí palivo vzduch, jiných než jsou směsi prach/vzduch a plyn/vzduch“ a ČSN EN 1127-1 „Výbušná prostředí - Prevence a ochrana proti výbuchu“. Pro iniciaci bylo použito indukční jiskry o energii 10 J. Motorová nafta a MEŘO byly opět hodnoceny jako čisté látky a směsi ve stejných poměrech jako při stanovení teploty vzplanutí a vznícení. Rozšíření nejistota měření je 1,4 °C s koeficientem rozšíření $k = 2$. Výsledky jsou uvedeny v grafu 3.



Graf 3: Závislost dolního bodu výbušnosti (LEP) na koncentraci MEŘO v motorové naftě

Zjištěná závislost vykazuje nárůst hodnot LEP s rostoucím obsahem MEŘO ve směsi. Hodnoty se zvyšují od teploty 90 °C, což je LEP čisté nafty bez přídavku MEŘO. Hodnotu LEP čistého MEŘO se nepodařilo stanovit. Protože použitá aparatura má rozsah do 200 °C, lze předpokládat, že hodnota LEP je vyšší než 200 °C. Obdobně jako u závislosti teploty vzplanutí na složení směsi, je i u stanovení dolního bodu výbušnosti patrné určité snížení, resp. stagnace, hodnot LEP při nižších koncentracích MEŘO v motorové naftě.

Diskuse výsledků

Kapaliny s výjimkou některých nestabilních nebo velmi reaktivních látek, v pravém smyslu slova nehoří. Pokud se mluví o jejich hoření, v podstatě se myslí hoření jejich par, které se z kapaliny vypařují a hoří po smíchání s kyslíkem z atmosféry nebo jinou oxidace schopnou látkou.

Páry se z povrchu kapaliny uvolňují při každé teplotě, ovšem vypařování je silně závislé na vlastnostech kapaliny a na její teplotě. Protože hoření kapalin vychází z přítomnosti a koncentrace par, má některé společné rysy s hořením plynů a jejich výbušností. Zejména bod vzplanutí kapalin a dolní bod výbušnosti spolu úzce souvisí.

Dolní bod výbušnosti je definován jako nejnižší teplota, při které se v uzavřeném prostoru zahříváním zkoušené kapaliny za předepsaných podmínek vytvoří takové množství par, že se ve směsi se vzduchem po iniciaci jiskrou, plamenem apod. může šířit plamen.

Teplota (bod) vzplanutí bývá nejčastěji definován jako „nejnižší teplota, korigovaná na tlak 101,3 kPa, při které použité zdroje zapálení způsobí vzplanutí par vzorku za specifických podmínek zkoušky“ [17].

Rozdíly v hodnotách dolního bodu výbušnosti a bodu vzplanutí souvisí především s metodikou, kterou jsou tyto vlastnosti kapalin zjišťovány.

Z hodnot bodu vzplanutí a dolního bodu výbušnosti, které byly naměřeny u směsí motorové nafty a MEŘO v různých poměrech, vyplývá, že u obou parametrů dochází k nárůstu jejich hodnot s rostoucím obsahem MEŘO, ale tento nárůst není lineární. V oblasti nižších koncentrací MEŘO se projevuje snížení hodnot proti očekávanému nárůstu, a to zejména u bodu vzplanutí. Toto snížení bylo již diskutováno v práci [18]. Na základě měření bylo určeno, že k nejvýraznějšímu snížení bodu vzplanutí dochází, je-li ve směsi obsaženo 20 % obj. látky MEŘO. Při této koncentraci je bod vzplanutí směsi o 14 °C pod teplotou vzplanutí motorové nafty.

V práci [19] je diskutováno chování směsí kapalin. Pokud se jedná o dvě vzájemně mísitelné kapaliny, pak mohou vytvořit ideální nebo neideální směs. Čím více se od sebe kapaliny liší, tím více se chování směsi liší od ideálního modelu.

Chování takových neideálních směsí může být neočekávané; na příklad přidavek složky s vyšším bodem vzplanutí nedokáže zvýšit bod vzplanutí směsi. V některých případech dokonce může dojít ke snížení bodu vzplanutí směsi pod hodnotu, kterou má složka s nižším bodem vzplanutí. Tento jev je podle práce [20] nazýván minimalizací bodu vzplanutí.

K tomuto jevu může dojít, jsou-li smíchány dvě látky, které se liší svou polaritou. Intenzita interakce závisí dále na velikosti molekul. V práci [20] je uveden příklad smíchání uhlovodíku s alkoholem, jejichž molekuly se navzájem odpuzují, a proto dochází ke zvýšení tlaku par nad směsí, takže tlak je vyšší než nad čistou kapalinou.

Nafta je tvořena směsí převážně nepolárních uhlovodíků, zatímco estery jsou slabě polární, takže se tyto dvě látky svou polaritou liší. Methylestery vyšších mastných kyselin mají poměrně velkou molekulu s 12 - 20 uhlíky v řetězci. Také nafta obsahuje molekuly s obdobným počtem uhlovodíků v řetězci, ale obsahuje také menší molekuly, které mohou být odpuzovány molekulami methylesterů. Proto dochází ke snadnějšímu vypaření těchto menších molekul, čím se jejich podíl v parách nad kapalinou zvyšuje a následně dochází ke snížení teploty vzplanutí. V případě motorové nafty s přídavkem 20 % MEŘO se jedná o výrazné snížení, které může vést k ohrožení bezpečnosti při používání.

U dolního bodu výbušnosti se toto snížení hodnoty projevilo zejména u koncentrace 5 % MEŘO v naftě, ale pouze tím, že hodnota stagnovala na hodnotě, která byla zjištěna u nafty. V tomto případě tedy přídavek složky s vyšší hodnotou parametru nestačil ke zvýšení hodnoty dolního bodu výbušnosti. Nicméně se potvrdilo, že směs nafty a MEŘO se chová jako neideální směs.

U závislosti teploty vznícení na obsahu MEŘO ve směsi se také projevilo toto chování neideálních směsí, jak je patrné z nerovnoměrného průběhu závislosti. Příčina tohoto chování ale není stejná jako v případě bodu vzplanutí, protože vzněcování je ovlivňováno jinými zákonitostmi než vzplanutí. Mezi teplotou vzplanutí a teplotou vznícení neexistuje příčinný vztah a teplota vznícení především závisí na reaktivitě kapaliny, vyjádřené rychlostí její oxidace.

Oxidace nasycených uhlovodíků, které jsou hlavní složkou nafty, a esterů tvořících MEŘO ovšem probíhá za nižších teplot, tj. (200 - 300) °C v podstatě stejným mechanismem [21] a bez podrobné analýzy nelze potvrdit, že zjištěné chování souvisí s průběhem oxidace.

Vzněcování směsí hořlavých kapalin je ovlivňováno řadou dalších faktorů, jako poměr složek, velikost povrchu pro odvod tepla a hodnota okolní teploty. Vzněcování lze rozčlenit do několika fází, jako odpařování, vlastní hoření a mikroexploze [22], které mohou záviset na viskozitě nebo dalších parametrech.

S ohledem na značnou složitost této problematiky bude této otázce věnována pozornost v dalších pracích, které by se měly týkat především podmínek, za kterých dochází ke druhému vznícení.

Závěr

Bylo provedeno experimentální stanovení tří základních požárně-technických charakteristik směsi motorové nafty a MEŘO v různých poměrech. S rostoucím obsahem MEŘO ve směsi hodnoty teploty vzplanutí FP, dolního bodu výbušnosti LEP a teploty vznícení AIT rostou, ale závislost není lineární a ani rovnoměrná.

Tato směs vykazuje neideální chování a dokonce dochází ke snížení bodu vzplanutí směsi pod hodnotu čisté nafty. Bylo uvedeno možné vysvětlení tohoto jevu.

Také při stanovení teploty vznícení se projevilo anomální chování, které spočívá zejména v tom, že při určité koncentraci dochází ke druhému vznícení. Tento problém bude dále řešen.

Upozornění na oba zjištěné jevy by mělo být zahrnuto do bezpečnostní dokumentace motorové nafty s přídavkem MEŘO, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti při používání tohoto paliva.

Literatura

- [1] Evropská unie. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES ze dne 8. května 2003 o podpoře používání biopaliv nebo jiných obnovitelných paliv v dopravě. *Úřední věstník Evropské unie* 13/sv. 31, CS, 17. 5. 2003. s. 188-192.
- [2] LAURIN, J. – HOLUBEC, R. *Motorová paliva z rostlinných olejů*. Technická univerzita v Liberci. [on line], www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2008/2008_029_01.pdf. citováno 28. 5. 2010.
- [3] ČSN 65 6508. *Motorová paliva - Směsné motorové nafty obsahující methylestery mastných kyselin (FAME) - Technické požadavky a metody zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 2009. s. 29. Třídící znak 656508.
- [4] ČSN EN 14214. *Motorová paliva - Methylestery mastných kyselin (FAME) pro vznětové motory - Technické požadavky a metody zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 2009. s. 20. Třídící znak 656508.
- [5] ČSN EN 590. *Motorová paliva – Motorové nafty – Technické požadavky a metody zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 2009. s. 20. Třídící znak 656506.
- [6] ČSN EN 14522. *Stanovení teploty vznícení plynů a par*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 24 s. Třídící znak 389665.
- [7] LAHUTOVÁ, D. *Vliv přídavku MEŘO na teplotu vznícení a vzplanutí motorové nafty*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2010. 46 s., 7 s. příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Hana Věžníková.
- [8] RIEDL, J. *Vliv vybraných iniciačních zdrojů na dolní mez výbušnosti plynovzduchových a parovzduchových výbušných souborů*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava,

- Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2010. 62 s., Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jaroslav Damec, CSc.
- [9] BLAŽEK, J., RÁBL, V. *Základy zpracování a využití ropy*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006. ISBN: 80-7080-619-2.
 - [10] Česká republika. Zákon č. 356/2003 ze dne 29. 10. 2003, o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění zákona 186/2004 Sb., 125/2005 Sb., 345/2005 Sb., 222/2006 Sb., a 371/2008 Sb. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2003, částka 120, s. 5810 – 5837
 - [11] http://projektalfa.ic.cz/est_karb_k.htm [on line], citováno dne 2. 6. 2010.
 - [12] <http://kfch.upce.cz/index.html> [on line], citováno dne 2. 6. 2010.
 - [13] STEINLEITNER, Hans-Dietrich et al. *Tabulky hořlavých a nebezpečných látek*. 1.vyd. Praha: Svaz Požární Ochrany ČSSR, 1980. s. 851.
 - [14] Preol, člen skupiny Agrofert. *Bezpečnostní list MEŘO*. [on line], citováno dne 2. 6. 2010. http://www.preol.cz/admin/files/pdf/bl_mero.pdf
 - [15] Preol, člen skupiny Agrofert. *Technický list MEŘO*. [on line], citováno dne 2. 6. 2010. http://www.preol.cz/admin/files/pdf/pl_mero.pdf
 - [16] ČSN EN ISO 2719: *Stanovení bodu vzplanutí v uzavřeném kelímku podle Penskyho-Martense*. Praha: Český normalizační institut, 2004. s. 29. Třídící znak 656064
 - [17] ROWLEY, J. R. et al. Flash Point: Evaluation, Experimentation and Estimation. In: *International Journal of Thermophysics*. Springer Science+ Business Media. Published online: 10. March 2010. ISSN: 1572-9567 (electronic version) citováno 19. 4. 2010.
 - [18] VĚŽNÍKOVÁ, H., HERECOVÁ, L. Hodnocení hořlavosti směsí kapalin a změn bodu vzplanutí v závislosti na složení směsi. In: *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2010*. Sborník X. ročník mezinárodní konference. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010. s. 293 – 300. Katedra bezpečnostního managementu. ISBN: 978-80-248-2207-5.
 - [19] BABRAUSKAS, Vytenis. *Ignition Handbook: Principles and applications to fire safety engineering, fire investigation, risk management and forensic science*. Issaquah, WA98027, USA: Fire Science Publishers, 2003. 1116 s. Library of Congress Control Publishers Number 2003090333. ISBN: 0-9728111-3-3
 - [20] VIDAL, M., ROGERS, W. J., MANNAN, M. S. Prediction of minimum flash point behaviour for binary mixtures. *Process Safety and Environmental Protection*, 84(B1), January 2006, p. 1- 9.
 - [21] BATTIN-LECLERC, F. Detailed chemical kinetic models for the low-temperature combustion of hydrocarbons with application to gasoline and diesel fuel surrogates. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34, 2008, s. 440–498 [available online at www.sciencedirect.com]
 - [22] TAKEI, M., TSUKAMOTO, T., NIIOKA, T. Ignition of Blended-Fuel Droplet in High-Temperature Atmosphere. *Combustion and Flame*, 93, 1993, s. 149-156.
 - [23] HERECOVÁ, L., VĚŽNÍKOVÁ, H., VONTOROVÁ, J., PAVLOVSKÝ, J., ŠIMEK, V. Porovnání přístrojů typ OB-305 a typ PMP-4 určených pro stanovení bodu vzplanutí dle normy ČSN EN ISO 2719. In: *Požární ochrana 2009*. Sborník přednášek z XVIII. ročníku mezinárodní konference, Ostrava: VŠB- TU Ostrava, 2009, s. 148-155. ISBN: 978-80-7385-067